



19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ Offenlegungsschrift

⑩ DE 197 20 417 A 1

(51) Int. Cl. 6:
F 27 B 7/34
C 10 B 47/30
C 10 B 1/10

21 Aktenzeichen: 197 20 417.1
22 Anmeldetag: 15. 5. 97
43 Offenlegungstag: 19. 11. 98

4

⑦ Anmelder:
Kugler, Kurt, 85229 Markt Indersdorf, DE

⑧ Vertreter:
Prinz und Kollegen, 81241 München

72 Erfinder:
gleich Anmelder

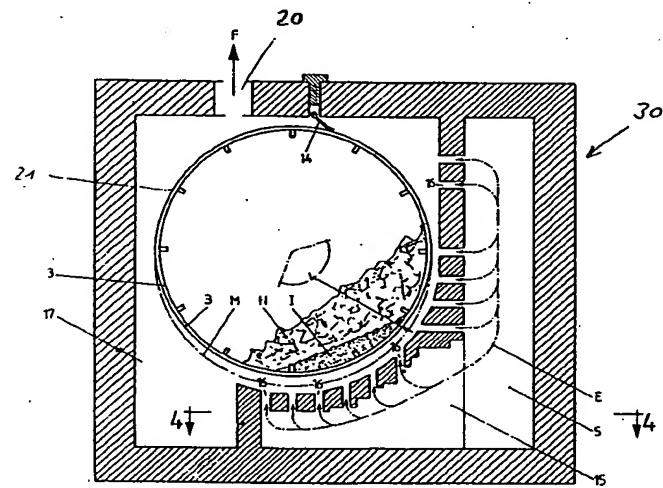
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-PS 5 97 279
DE-PS 4 24 724
DE 33 28 709 A1
DE 30 18 572 A1
DE-OS 21 64 682

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

54 Einrichtung zur indirekten Beheizung von Drehrohröfen

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur indirekten Beheizung von Drehrohren (30) mit Rauchgasen im Kreuzstrom, die zur gezielten Steuerung des Wärmetransports und zur Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades eine dem Umfang des Drehrohrs (3) angepaßte, aus mehreren Elementen aus feuerfestem Material zusammengesetzte, perforierte Wand (4) zur Rauchgasverteilung und zur selektiven Übertragung von Wärme durch Strahlung auf ausschließlich oder nahezu ausschließlich materialberührte Teile der Mantelfläche des Drehrohrs (3) aufweist, wobei die Elemente der Wand (4) in einem definierten Abstand von der Mantelfläche über einen Teil des Umfangs des Drehrohrs (3) angeordnet sind.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur indirekten Beheizung von Drehrohröfen, insbesondere Pyrolysedrehrohröfen, mit Rauchgasen im Kreuzstrom.

Bei der Pyrolyse von Hausmüll und anderen thermisch verwertbaren Schüttgütern werden die zu behandelnden Rohstoffe in einem indirekt beheizten Drehrohröfen getrocknet und entgast verschwelt, die im Kreuzstrom oder längs zur Schwelerachse mit Rauchgasen beheizt werden. Da der Wärmetransport vom Rauchgas in das zu verschwelende Material schlecht ist, sind große apparative Abmessungen erforderlich, um eine funktionsfähige großtechnische Anlage zu erhalten. Dies wiederum erfordert einen großen Investitionsaufwand.

Bisher bekannt geworden sind einerseits längsbeheizte Drehrohrschweler, bei denen das Rauchgas durch innenliegende Rohrpakete geleitet wird, wobei die erforderliche Schwelenergie von diesen Rohren auf das zu verschwelende Material übertragen wird. Andererseits sind Drehrohrschweler bekannt, bei denen das Heizmedium Rauchgas im Kreuzstrom, d. h. quer zur Schwelerachse, über unabhängig voneinander regelbare Zonen um das Drehrohr geleitet wird. Die erforderliche Schwelenergie wird dabei an die Drehrohrwand abgegeben, von wo sie auf das zu verschwelende Material übergeht.

Der Wärmeübergang vom Rauchgas an die Wandungen der innenliegenden Heizrohre bzw. an die Wandungen des Drehrohrs erfolgt sowohl durch Strahlung als auch durch Wärmeleitung (Berührung). Der Wärmefluß von den Wandungen der Heizrohre bzw. vom Drehrohrmantel an das zu verschwelende Material und das darüber stehende Gas erfolgt ebenfalls teilweise durch Strahlung und teilweise durch Wärmeleitung.

Die Beheizung über unabhängig voneinander regelbare Zonen wird bei im Kreuzstrom beheizten Drehrohröfen deshalb gewählt, um die zugeführte Energiemenge dem über die Länge des Drehrohrofens vom Eintrag zum Austrag deutlich abnehmenden Wärmeverbrauch anzupassen zu können. In jeder Zone wird das Rauchgas um den Schweler, d. h. das Drehrohr, geleitet, indem das Rauchgas auf einer Seite des Drehrohrgehäuses aufgegeben und auf der gegenüberliegenden Seite abgezogen wird.

Die größte Wärmemenge je Flächen- und Zeiteinheit wird im Bereich des Materialbettes über den materialberührten Drehrohrwandbereich übertragen. In den nicht materialberührten Drehrohrwandbereichen wird eine geringere Wärmemenge je Flächen- und Zeiteinheit übertragen, weshalb bei den bekannten Beheizungssystemen die Gefahr besteht, daß die nicht materialberührten Wandflächen des Drehrohrs bei voller Beaufschlagung der materialberührten Wandflächen mit dem Wärmeträger überhitzt werden. Um diese Gefahr zu vermindern oder auszuschließen, werden die bekannten Pyrolysedrehrohröfen nur mit verminderter Leistung gefahren, was den Durchsatz und damit den Wirkungsgrad verschlechtert und die Pyrolyse insgesamt verfeuert.

Ein weiterer Nachteil der bekannten Beheizungseinrichtungen von Drehrohröfen besteht darin, daß zwischen dem Rauchgaseintritt und dem Rauchgasaustritt keine Trennelemente vorgesehen sind, so daß die Gefahr besteht, daß zu heiße Rauchgase aus dem System austreten, was mit einer extremen Verschlechterung des thermischen Wirkungsgrades verbunden ist. Um die nachfolgende Aggregate zu schützen, wird deshalb den austretenden Rauchgasen Frischluft über eine herkömmliche Luftklappenregelung zugeführt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die geschilderte

Nachteile der bekannten Einrichtungen zur indirekten Beheizung von Drehrohröfen zu vermeiden und insbesondere eine solche Einrichtung zu schaffen, die es gestattet, die zugeführte Wärmemenge und den Wärmefluß in das zu verschwelende Material so zu steuern, daß ausschließlich oder nahezu ausschließlich nur diejenigen Bereiche der Mantelfläche des Drehrohrs erfaßt werden, die auf der Innenseite des Drehrohrs von dem zu behandelnden Material bedeckt sind. Ein weiterer Aspekt der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe besteht darin, den thermischen Wirkungsgrad eines indirekt beheizten Drehrohrofens mit Hilfe der erfundungsgemäß Einrichtung zu verbessern und den Durchsatz des Ofens bei gleichbleibendem apparativem Aufwand zu erhöhen oder den apparativen Aufwand bei gleichbleibendem Durchsatz zu verringern.

Diese Aufgabe wird bei einer Einrichtung der eingangs genannten Gattung erfundungsgemäß gelöst durch eine dem Umfang des Drehrohrs angepaßte, aus mehreren Elementen aus feuerfestem Material zusammengesetzte, perforierte 20 Wand zur Rauchgasverteilung und zur selektiven Übertragung von Wärme durch Strahlung auf ausschließlich oder nahezu ausschließlich innenseitig materialberührte Teile der Mantelfläche des Drehrohrs, wobei die Elemente der Wand in einem definierten Abstand von der Mantelfläche über einen Teil des Umfangs des Drehrohrs angeordnet sind.

Durch die erfundungsgemäß vorgesehene Strahlungs- und Rauchgasverteilungswand, die aus einzelnen Elementen zusammengesetzt ist, welche in definiertem Abstand den äußeren Konturen des Drehrohrs über einen Teil seines Umfangs folgen, wird erfundungsgemäß ein größerer Wärmefluß durch die materialberührten Drehrohrwandflächen ohne Überhitzung der nicht materialberührten Wandflächen erreicht. Außerdem läßt sich dadurch der Wärmefluß individuell an den Umstand anpassen, daß die materialberührte 35 Drehrohrwandfläche über die Länge des Drehrohrs hinweg nichtlinear deutlich abnimmt, weil die Materialdichte infolge der Verschmelzung laufend zunimmt. So hat Hausmüll beispielsweise beim Eintritt in den Drehrohrofen eine Dichte von etwa $0,25 \text{ t/m}^3$, so daß 1 t Müll etwa 4 m^3 Ofenraum ausfüllen. Nach der Verschmelzung verbleiben von 1 t Müll etwa $0,35 \text{ t}$ Schwellkoks mit einer Dichte von etwa $1,3 \text{ t/m}^3$. 1 t Schwellkoks füllt somit nur noch $0,27 \text{ m}^3$ Ofenraum. Das Verhältnis der Drehrohrfüllung am Einlauf des Ofens zur Füllung am Auslauf des Ofens beträgt bei diesem Beispiel 4,0 : 0,27 oder 14,8 : 1,0.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfundungsgemäß Einrichtung ist die Strahl- und Rauchgasverteilungswand von einer Vielzahl von Rauchgasstichkanälen durchsetzt, die mit Rauchgaskanälen in Verbindung stehen 50 und in Öffnungen enden, welche im wesentlichen den materialberührten Teilen der Mantelfläche des Drehrohrs gegenüberliegen. Dies eröffnet die Möglichkeit, die Zahl und den Querschnitt der Rauchgaskanäle und die Zahl und Größe der Öffnungen je nach Bedarf zu wählen und damit auch die Strömungsgeschwindigkeit und die dem Drehrohrmantel 55 zugeführte Rauchgasmenge flexibel dem individuellen Wärmebedarf anzupassen und den gesamten Pyrolyseverlauf feinfühlig zu regeln.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Rauchgaskanäle in mehrere getrennte Abschnitte unterteilt, die unabhängig voneinander beheizbar sind. Dies eröffnet die Möglichkeit, unterschiedlich lange Heizzonen auszubilden, um die Rauchgase dosiert und gezielt dem sich über die Länge des Drehrohrs verändernden 60 Wärmebedarf anzupassen.

Vorzugsweise sind somit die Anordnung, Anzahl und Größe der Rauchgasstichkanäle und Öffnungen und/oder die Anzahl und Länge der Abschnitte (Heizzonen) der sich

über die Drehrohrlänge ändernden materialberührten Mantelfläche des Drehrohrs angepaßt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind im Inneren des Drehrohrs Stauelemente zur Vergrößerung der materialberührten Mantelfläche angeordnet. Dadurch werden im Drehrohrhofen feldweise Materialaufstauungen erzeugt, was die materialberührte Fläche der Drehrohrwand vergrößert.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Einrichtung eine Pendelklappe auf, die den Beheizungsraum innerhalb des Gehäuses zwischen Rauchgas zu- und -abführung trennt, um innerhalb des Drehrohrgehäuses eine gezielte Rauchgasführung zu ermöglichen. Die Pendelklappe verhindert, daß das Heizmedium Rauchgas auf kürzestem Wege, ohne die gewünschte Wärmeabgabe, aus dem Beheizungssystem abgezogen wird. In Verbindung mit einer Rauchgastemperaturregelung gestattet die Pendelklappe, die Rauchgase erst nach Erreichen einer gewünschten, einstellbaren Temperatur, und damit erst nach Abgabe der kalkulierten Wärmemenge, abzuziehen.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfundungsgemäßen Einrichtung ist durch eine Regelung der Rauchgastemperatur und eine damit gekoppelte Regelung der Drehrohrwandtemperatur gekennzeichnet, wobei die Rauchgastemperaturregelung der Optimierung des thermischen Wirkungsgrades dient, während die Drehrohrwandtemperaturregelung eine Steuerung der der Beheizung zugeführten Menge des Regelbrennstoffs, z. B. Erdgas, gestattet und dadurch einer Überhitzung der Drehrohrwand vorbeugt.

Die einzelnen Elemente, aus der die Strahl- und Rauchgasverteilungswand zusammengesetzt ist, bestehen vorzugsweise aus einem keramischen Material.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung ist

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Drehrohrfens mit Eintrag und Austrag, einschließlich der zu- und abgeföhrten Masseströme;

Fig. 2 ein schematischer Schnitt vergrößert durch einen Teil des Drehrohrfens nach **Fig. 1**, mit Steuer- und Regeleinrichtungen;

Fig. 3 ein Schnitt vergrößert nach Linie 3-3 durch den Drehrohrfen von **Fig. 1**;

Fig. 4 ein Schnitt vergrößert nach Linie 4-4 durch den Drehrohrfen nach **Fig. 3**.

Wie in **Fig. 1** schematisch dargestellt, wird das zu verschwelende Material A, z. B. Hausmüll, über einen Aufgabetrichter 1a, ein Schleusensystem 1b und eine Eintragschnecke 1c über eine mit Dichtungen 2a versehene Stirnwand 2 in einen leicht geneigt angeordneten Drehrohrfen 30, dessen Drehzahl stufenlos regelbar ist, eingetragen und unter Luftausschluß verschwelt.

Das Volumen H (**Fig. 3**) des zu verschwelenden Materials A an der Eintragsstelle nimmt während der Verschweitung über die Länge des Drehrohrs 3 bis zum Volumen I des gebildeten Schwelkoks C an der Austragsstelle deutlich ab, wodurch sich die Materialfüllhöhe im Inneren des Drehrohrs 3 über dessen Länge hinweg, ebenso wie der Materialschüttwinkel und die materialberührte Drehrohrwandfläche, entsprechend ändern.

Als Pyrolyseprodukte entstehen Pyrolysegas B und kohlenstoffhaltiger Schwelkoks C, der über ein mit Dichtungen 10a versehenes Auslaufgehäuse 10 mittels einer Förder schnecke 11, der zur Kühlung Wasser J zugeführt wird, aus der Anlage ausgetragen wird.

Beheizt wird der Drehrohrfen 30 mit Rauchgasen E, die in einem Muffelbrenner 7 aus Regelbrennstoff D, vorzugsweise Erdgas, erzeugt werden und denen rückgeföhrt Rauchgas F zugemischt wird.

Die nicht rückgeföhrt überschüssige Rauchgasmenge G wird abgezogen, einem Wärmetauscher 12, vorzugsweise in Form eines Kessels, dem Kaltwasser K zugeführt wird, zur Erzeugung von Dampf L zugeführt, und der verbleibende Rest über einen Kamin 13 freigesetzt.

Ein hochtemperaturisoliertes Gehäuse 17 umschließt das Drehrohr 3 (**Fig. 3**), welches auf seiner inneren Mantelfläche eingeschweißte Mitnehmterelemente 21 aufweist. Da sich das Drehrohr 3 einer großtechnischen Pyrolyseanlage über seine gesamte Länge erheblich durchbiegen kann, ist die Durchbiegungslinie M cbcnfalls in **Fig. 3** eingezeichnet.

Angepaßt an den innenseitig materialberührten Teil der Drehrohrmantelfläche ist erfundungsgemäß eine keramische Strahl- und Rauchgasverteilungswand 4 vorgesehen, über die die zugeführte Wärme gezielt auf die materialberührten Bereiche der Mantelfläche des Drehrohrs 3 geleitet wird. Unter Berücksichtigung der Drehrohrdurchbiegung M und entsprechend dem Radius des Drehrohrs 3 wird der Abstand zwischen der Oberfläche der aus einzelnen Elementen zusammengesetzten Wand 4 und der äußeren Mantelfläche des Drehrohrs 3 gleichbleibend in der gewünschten Weise eingestellt. Zwischen den einzelnen Elementen der Wand 4 verlaufen Rauchgasstichkanäle 15, die in Öffnungen 16 enden und durch welche als Heizmedium Rauchgas E ausschließlich oder im wesentlichen ausschließlich auf die materialberührten Teile der Drehrohrwand geführt wird.

Die im Muffelbrenner 7 erzeugten Rauchgase treten durch einen Rauchgaseinlässe 5a in Rauchgaskanäle 5 (**Fig. 1, 2 und 4**) ein und gelangen von dort in die Rauchgasstichkanäle 15 der Strahl- und Rauchgasverteilungswand 4, welche die aufgenommene Wärme durch Strahlung an die materialberührte Drehrohrwand weitergibt. Durch Öffnungen 20 im Gehäuse 17 werden die Rauchgase abgezogen und einer Rauchgasrückführung 6 zugeführt.

Die Rauchgaskanäle 5 sind durch Trennwände 5b in unterschiedlich lange Abschnitte 40 unterteilt, die unabhängig voneinander beheizt und betrieben werden können.

Die Rauchgase E heizen die Wand 4 auf, treten durch die Öffnungen 16 in den Teil des Ofengehäuses 17 ein, in dem sich das Drehrohr 3 befindet, und geben einen weiteren Teil ihres Wärmeinhalts in erster Linie an die materialberührte Drehrohrwand ab und kommen erst dann, inzwischen merklich abgekühlt, mit den nicht materialberührten Teilen der Drehrohrwand in Berührung.

Die nicht materialberührten Teile der Drehrohrwand können deutlich weniger Wärme aufnehmen und weiterleiten als die materialberührten Teile.

Um eine gezielte Rauchgasführung im Ofengehäuse 17 zu ermöglichen, wird zwischen dem Einlaß und dem Auslaß des Rauchgases eine Pendelklappe 14 angeordnet, die den Raum zwischen dem Einlaß und dem Auslaß unterteilt und verhindert, daß das Rauchgas auf kürzestem Wege, ohne die gewünschte Wärmabgabe aus dem Beheizungssystem 30 abgezogen wird. Die Pendelklappe 14 ermöglicht in Kombination mit einer Rauchgastemperaturregelung 8 (**Fig. 2**), die Rauchgase erst nach Erreichen einer gewünschten, einstellbaren Temperatur, und damit erst nach Abgabe der kalkulierten Wärmemenge an die Strahl- und Rauchgasverteilungswand 4 und an bzw. durch die Drehrohrwand, aus dem System abzuziehen.

Über eine Drehrohrwandtemperaturregelung 9 (**Fig. 2**) wird die Menge des der Beheizung zugeführten Regelbrennstoffs D dem Bedarf entsprechend gesteuert, wodurch außerdem einer Überhitzung der Drehrohrwand vorgebeugt wird. Über die Rauchgasrückführung 6, die aus Gründen der Energieeinsparung und zur Minimierung der NO_x-Bildung erfolgt, wird ein Teil der rückgeföhrt Rauchgase F der Brennermuffel beigemischt, während der überschüssige Teil

G der rückgeführten Rauchgase über den Wärmetauscher 12 und den Kamin 13 ausgekreist wird. Dies wird durch Regel-einrichtungen 18, 19 bewerkstelligt.

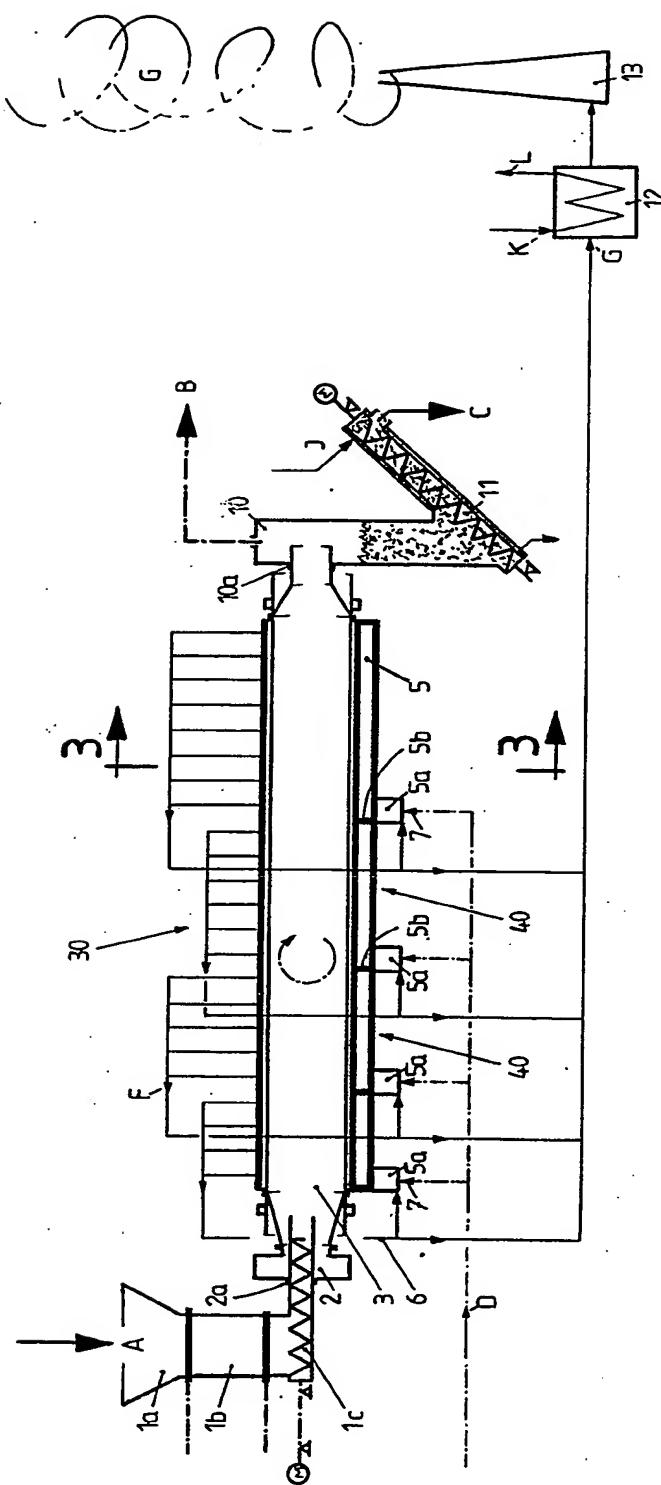
Im Gegensatz zu den bekannten Drehrohrbeheizungseinrichtungen ist mit der erfundungsgemäßen Einrichtung eine schrittweise gezielte Wärmeabgabe ebenso möglich wie eine Anpassung an die sich keilförmig über die Drehrohr-länge verändernde materialberührte Fläche der Drehrohr-wand. Mit der erfundungsgemäßen Einrichtung können deutlich höhere Rauchgastemperaturen und deutlich höhere Wärmeclastungen je Flächeneinheit gefahren werden als bei den bisher bekanntgewordenen Drehrohrbeheizungssystemen. Erfundungsgemäß erfolgt die Zufuhr des Wärmeträgers über die Öffnungen 16 in der Wand 4 und der Wärme-fluß teils durch Strahlung, teils durch Wärmeleitung. Da-
durch verbessert sich der thermische Wirkungsgrad der gesamten Anlage, das Drehrohr kann bei gleichem Durchsatz verkürzt oder mit kleinerem Durchmesser gebaut werden oder der Durchsatz und damit die Leistung des Drehrohr-ofens kann bei gleichen Abmessungen deutlich erhöht wer-den.

durch gekennzeichnet, daß die Elemente der Wand (4) aus einem keramischen Material bestehen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

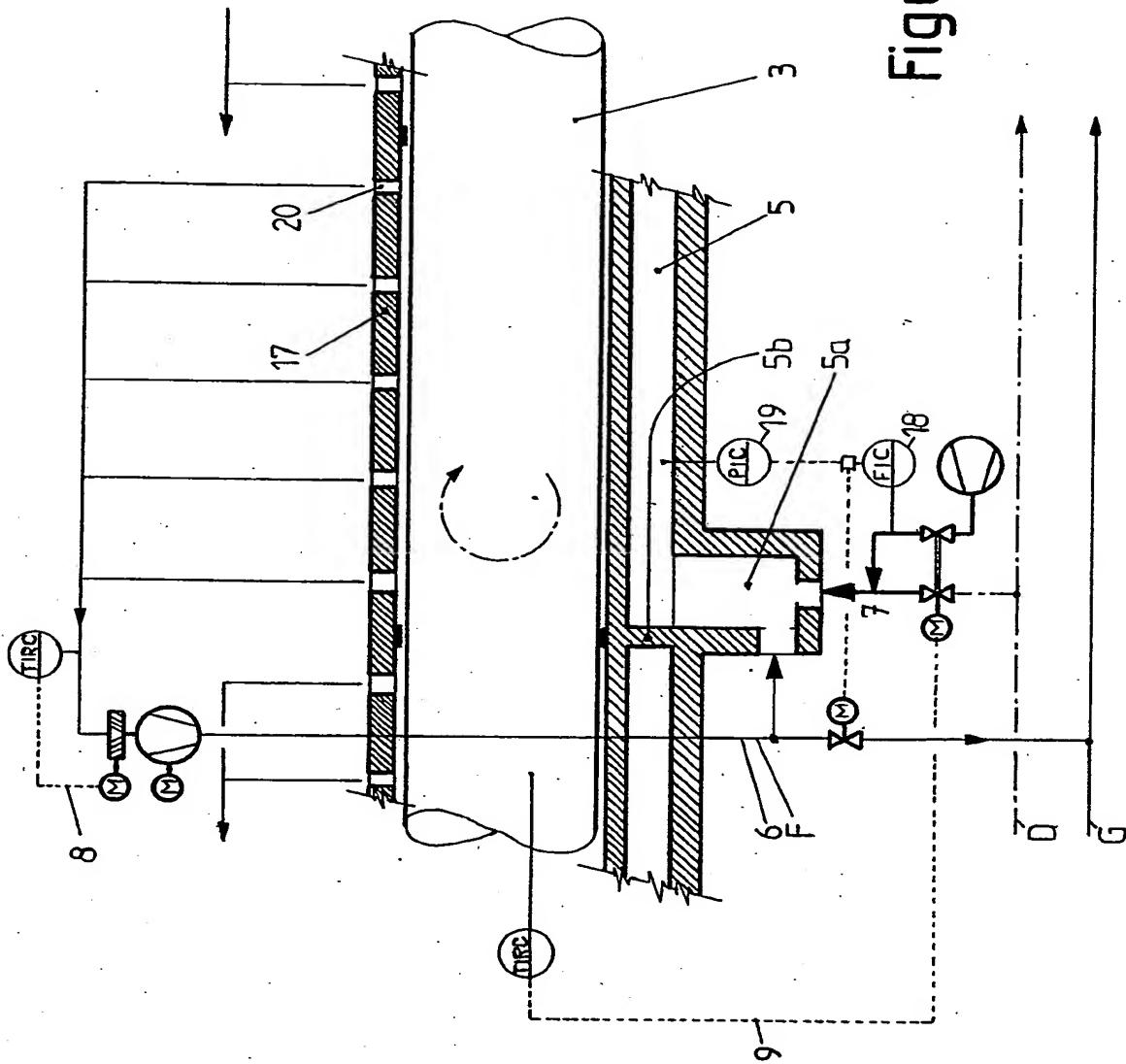
Patentansprüche

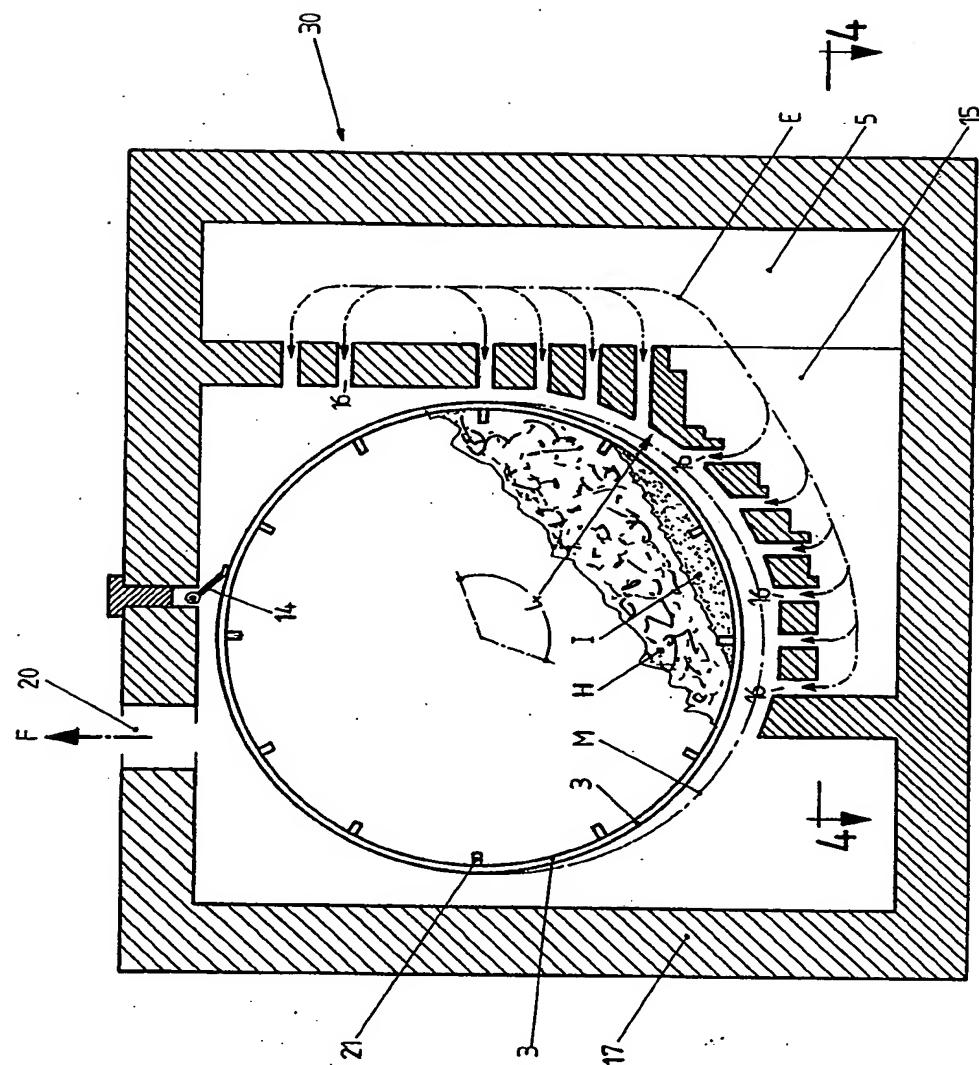
1. Einrichtung zur indirekten Beheizung von Drehrohren (30), insbesondere Pyrolysedrehrohren, mit Rauchgasen im Kreuzstrom, gekennzeichnet durch eine dem Umfang des Drehrohrs (3) angepaßte, aus mehreren Elementen aus feuerfestem Material zusammengesetzte, perforierte Wand (4) zur Rauchgasverteilung und zur selektiven Übertragung von Wärme durch Strahlung auf ausschließlich oder nahezu ausschließlich innenseitig materialberührte Teile der Mantelfläche des Drehrohrs (3), wobei die Elemente der Wand (4) in einem definierten Abstand von der Mantelfläche über einen Teil des Umfangs des Drehrohrs (3) angeordnet sind.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wand (4) von einer Vielzahl von Rauchgasstichkanälen (15) durchsetzt ist, die mit Rauchgaskanälen (5) in Verbindung stehen und in Öffnungen (16) enden, welche im wesentlichen den materialberührten Teilen der Mantelfläche des Drehrohrs (3) gegenüberliegen.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rauchgaskanäle (5) in mehrere getrennte Abschnitte (40) unterteilt sind, die unabhängig voneinander beheizbar sind.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung, Anzahl und Größe der Rauchgasstichkanäle (15) und Öffnungen (16) und/oder die Anzahl und Länge der Abschnitte (40) der sich über die Drehrohrlänge ändernden materialberührten Mantelfläche des Drehrohrs (3) angepaßt sind.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Inneren des Drehrohrs (3) Stauselemente zur Vergrößerung der materialberührten Mantelfläche angeordnet sind.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Pendelklappe (14), die den Beheizungsraum innerhalb des Gehäuses (17) zwischen Rauchgaszu- und Rauchgasabführung trennt.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch eine Regelung der Rauchgaster-temperatur und eine damit gekoppelte Regelung der Dreh-rohrwandtemperatur.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, da-



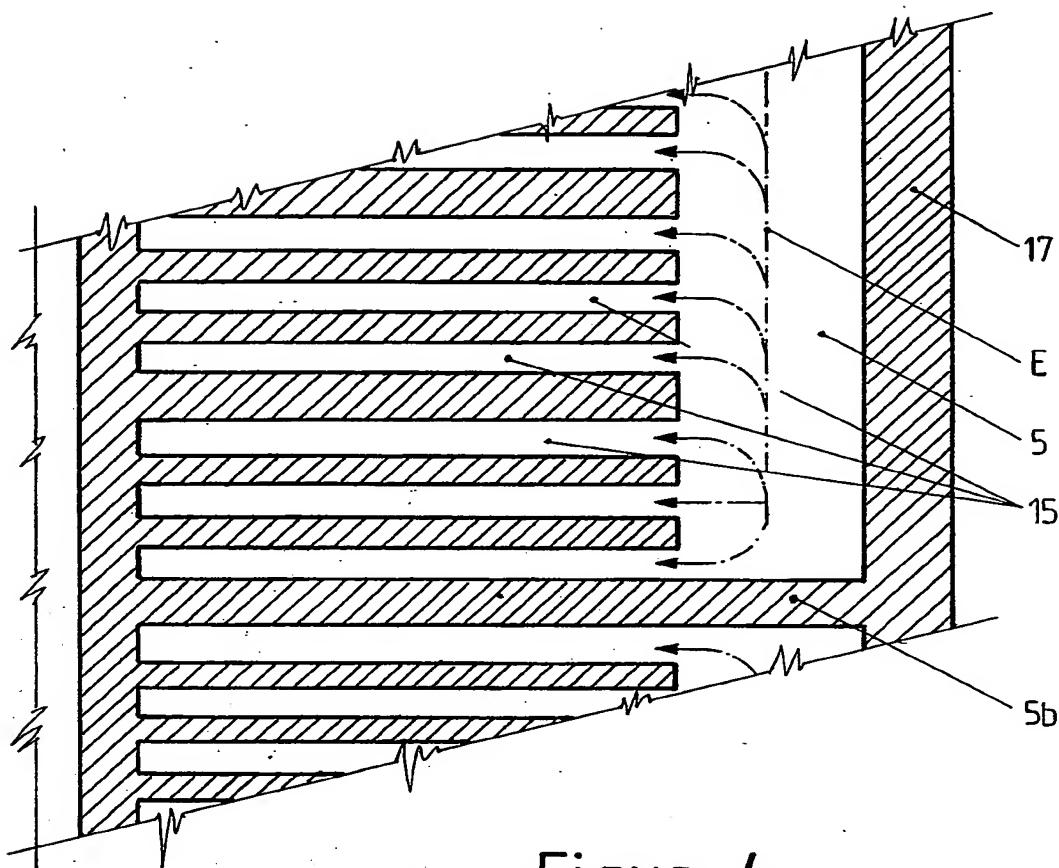
Figur 1

Figur 2





Figur 3



Figur 4